NEUE STUDIEN

ÜBER

DIE CHROMATINREIFUNG

DER

GESCHLECHTSZELLEN

VON

A. UND K. E. SCHREINER

V

DIE REIFUNG DER GESCHLECHTSZELLEN VON *ZOOGONUS MIRUS* LSS.

MIT 4 TAFELN

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. I. MATH.-NATURV. KLASSE 1908. No. 8)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

CHRISTIANIA

IN COMMISSION BEI JACOB DYBWAD

1908

Fremlagt i Møde i den mathem.-naturv. Klasse 31te Januar 1908.

A. W. BRØGGERS BUCHDRUCKEREI.

Einleitung.

Schon im Jahre 1894 schrieb Rückert in seinem Referate über die Chromatinreduktion der Sexualzellen: »Alle genaueren Untersuchungen der letzten Jahre stimmen darin überein, dass schon vor der ersten Reifungsteilung Chromatinportionen auftreten, deren Zahl die Hälfte beträgt von der Normalzahl der Chromosomen der betreffenden Spezies» (S. 576). Trotz aller Meinungsverschiedenheiten, die sich später betreffs der Frage, *wie* die Herabsetzung der Chromosomenzahl vorsichgeht, geltend gemacht haben, hat sich doch die Annahme, dass die sogenannte Pseudoreduktion während des ersten Teils der Reifungs- oder Wachstumsperiode der Geschlechtszellen zustande kommt, als eins der wenigen sicheren Fundamente eines Bauwerks bewährt, dessen sonstige Materialien nicht immer die solidesten waren, und dessen Baumeister sich all zu oft mehr durch Kühnheit als durch Tauglichkeit und Erfahrung auszeichneten.

Und doch ist auch dies Fundament nicht ganz unangefochten geblieben. Vor allem kommen hier zwei Arbeiten in Betracht, in denen Reduktionsvorgänge geschildert werden, die sich durch das Fehlen einer den Reifungsteilungen voraufgehenden Pseudoreduktion auszeichnen. Wir zielen auf die Schilderung Korschelts (1895) von dem Reifungsvorgang bei *Ophryotrocha puerilis* und diejenige Goldschmidts (1905) von der Reifung der Sexualzellen des *Zoogonus mirus*.

Was die Angaben *Korschelts* betrifft, so haben neulich Grégoire und Deton (1906) und wir (1906 c) gleichzeitig und unabhängig voneinander nachgewiesen, dass dieselben auf unrichtigen Zählungen der Chromosomen beruhen, und dass die Chromosomen der Geschlechtszellen auch bei *Ophryotrocha* vor der I. Reifungsteilung in reduzierter Zahl auftreten[1].

---

[1] Zwar erfahren wir aus der letzten Arbeit Goldschmidts, (1908) dass er diesbezüglich unsre Beweisführung «nicht als stichhaltig anerkennen kann» (S. 240); da er indessen unterlassen hat, näher anzugeben, in welchem Punkte unsre Beweisführung unzulänglich sein soll, und über welche Erfahrungen er selbst bei diesem Tiere verfügt, so können wir einstweilen dieser seiner Kritik kein Gewicht beilegen.

Übrig bleibt dann nur der Fall *Zoogonus*.

In seiner im Jahre 1905 erschienenen Arbeit »Eireifung, Befruchtung und Embryonalentwicklung des *Zoogonus mirus* Lss.« liefert R. Goldschmidt eine eingehende Darstellung der Chromatinreifung in den weiblichen Geschlechtszellen dieses kleinen Trematoden und schildert hier zum ersten Male einen eigentümlichen Reduktionsmodus, den er wegen der schematischen Einfachheit desselben als den »*Primärtypus*« des Reduktionsvorgangs bezeichnet, und der ohne Komplikationen dem von Weismann auf Grund theoretischer Überlegungen geforderten Schema entsprechen soll. Dieser Reduktionsmodus wird durch das Fehlen jeder Spur einer Pseudoreduktion charakterisiert. Die vor der I. Reifungsteilung in Normalzahl auftretenden Chromosomen werden in dieser Teilung längsgeteilt, in der II. Reifungsteilung rückt aber je eine Hälfte der Chromosomen zu einem andern Pol heran, wodurch die Chromosomenzahl reduziert wird.

Auffallend genug wird die Schilderung dieses ganz eigenartigen und höchst interessanten Reifungsvorgangs, der nach dem Verfasser mit überzeugender Klarheit zutage treten soll, nur recht dürftig durch Zeichnungen belegt. Vor allem gilt dies von den Chromatinveränderungen der Oozyten I, von denen der Verfasser nur einige wenigsagende Abbildungen liefert. Der einheitliche zarte Spiremfaden, der nach Goldschmidt (S. 610) in den Kernen der jungen Oozyten vorhanden sein soll, ist an keiner seiner Zeichnungen zu sehen, und vom Entstehen dieses Spiremfadens geben weder Text noch Abbildungen irgend welche Auskunft.

Auch die Beweisführung von der Richtigkeit seiner Angaben über die Normalzahl der Chromosomen bei *Zoogonus*, die für seine Schlussfolgerungen natürlich von der allergrössten Wichtigkeit ist, hat Goldschmidt äusserst leicht genommen. Die wenigen Abbildungen, die er von Mitosen in Soma- und Embryonalzellen geliefert hat (vgl. seine Fig. 2, 35 und 36) sind nichtssagend oder zweideutig.

In unsrer Arbeit über die Reifung der männlichen Geschlechtszellen von *Tomopteris* (1906 a), wo wir den Versuch gemacht haben, die Chromatinreifung der Geschlechtszellen aller Objekte unter einen gemeinsamen Grundtypus einzuordnen, haben wir die Darstellung Goldschmidts von dem Reifungsvorgang bei *Zoogonus* einer nur ganz vorsichtigen Kritik unterworfen, sind aber nach dem Hinweis auf die grosse Ähnlichkeit, die im Verhalten der Chromosomen vor der I. Reifungsteilung bei *Zoogonus* und bei andern Objekten vorhanden ist, und nach dem Hervorheben der Lückenhaftigkeit der Untersuchungen Goldschmidts zu

dem Resultate gelangt, dass sie, trotz der grossen Sicherheit, die die Schilderung auszeichnet, als Beweis gegen die Allgemeingültigkeit unsres Reduktionstypus nicht gelten konnte, und dass eine Nachprüfung der Resultate Goldschmidts als besonders angezeigt angesehen werden musste.

Da wir nun selbst keine Gelegenheit hatten, frisches Material von *Zoogonus* zu konservieren, haben wir uns direkt an Dr. Goldschmidt mit der Bitte gewandt, uns einige seiner Originalpräparate zur Durchsicht zu senden, oder, wenn dies nicht geschehen könnte, uns bei der Verschaffung frischen Materials behilflich zu sein. Unsrem Wunsch wurde von Goldschmidt in der liebenswürdigsten Weise entgegengekommen, indem er uns gleich eine Reihe von Schnitt- und Zupfpräparaten »zu beliebiger Ausnutzung« übersandte. Er hatte auch die Güte, uns Anweisung auf die Verschaffung frischen Materials von *Zoogonus* zu geben, da die Dauerpräparate, die er uns jetzt, mehrere Jahre nach der Vollendung seiner Arbeit, zu senden vermochte, seiner Meinung nach für eine lückenlose Verfolgung der Entwicklung der Geschlechtszellen unzulänglich waren[1]. Wir gestatten uns an dieser Stelle, Herrn Dr. Goldschmidt für seine ausserordentliche Liebenswürdigkeit nochmals bestens zu danken.

Beim Studium der Originalpräparate Goldschmidts wurde es uns nun bald klar, dass ein Reduktionsvorgang wie der von ihm geschilderte aus denselben nicht zu ersehen war, dass die Bilder vielmehr mit dem in bestem Einklang standen, was uns von vielen andern Objekten bekannt war. Eine völlig lückenlose Stadienfolge liess sich zwar aus ihnen, wie Goldschmidt hervorgehoben hatte, nicht erzielen, und es war deshalb unsre Absicht, unsre Darstellung von der Chromatinreifung der Sexualzellen von *Zoogonus* auf eigene, frisch hergestellte Präparate zu bauen. Es stellte sich aber heraus, dass die Sammlung frischen Materials von *Zoogonus* erst in mehreren Monaten möglich sein würde und eine Reise nach dem Mittelmeere zu einer Zeit erforderte, wo uns Berufspflichten zu Hause fesselten. Da wir auch mittlerweile durch die Freundlichkeit Goldschmidts Gelegenheit gehabt hatten, uns mit seinem neusten Aufsatz (1908) in Korrektur bekannt zu machen, in dem er mit einer Sicherheit, die zu den von uns an seinen Originalpräparaten gewonnenen Erfahrungen in schroffstem Widerspruch standen,

---

[1] Wie man aus der Zoogonusarbeit Goldschmidts sehen wird, hat er bei seinen Untersuchungen in grosser Ausdehnung frisch zubereitete Zupfpräparate benutzt.

die Richtigkeit seiner früheren Angaben festhält[1], so haben wir uns jetzt entschlossen, mit der freundlichen Erlaubnis Goldschmidts diese unsre Erfahrungen der Öffentlichkeit zu übergeben.

Wenn wir nach dem Studium der uns freundlichst übersandten Präparate Goldschmidts zu einer andern Auffassung betreffs ihrer Deutung als dieser Forscher gelangt sind, und zur Klärung der schwierigen Frage von der Chromatinreduktion geglaubt haben, diese unsre Auffassung öffentlich aussprechen zu müssen, so haben wir uns dazu verpflichtet gefühlt, unsre abweichende Auffassung durch eine Reihe von Abbildungen zu belegen und durch genaue Anmerkung der Lage jeder der an unsren Tafeln wiedergegebenen Zellen (vgl. die Tafelerklärung) sowohl Goldschmidt selbst wie event. auch andern Forschern Gelegenheit zu geben, die Richtigkeit unsrer Beweisführung bis ins Detail zu kontrollieren. Wir meinen überhaupt, dass wenn man die Resultate eines andern Forschers angreifen will, man auch die Verpflichtung hat seine Einwände ganz bestimmt zu formulieren und, soweit möglich, auf bestimmte Bilder Bezug zu nehmen und sich nicht in allgemeinen, mehr oder weniger schwebenden Wendungen auszudrücken, die zwar geeignet sein können, an der Zuverlässigkeit der kritisierten Arbeit Zweifel zu erwecken, gegen die sich aber der Angegriffene mangels fester Anhaltspunkte oft nur schwer verteidigen kann. Um so zwingender wird natürlich diese Verpflichtung in einem Falle, wo die Kritik auf dem Studium der Originalpräparate des betreffenden Forschers fusst.

Die Zahlenverhältnisse der Chromosomen.

Selbst dann, wenn man nach dem Durchlesen der Arbeit Goldschmidts mit ihm gar nicht darin einverstanden sein kann, dass hier eine »lückenlose Darstellung« und eine »einwandfreie« Beweisführung vorliege, so muss man doch zugeben, dass seine Angaben über die Chromosomenzahl in den verschiedenen Mitosen, wenn sie sich als richtig erwiesen, allein schon genügten, um den von ihm beschriebenen Reduktionsvorgang zu beweisen. Auf der andern Seite meinen wir aber, dass

[1] Die erwähnte Arbeit Goldschmidts fängt mit folgenden Worten an: »Vor wenigen Jahren vermochte ich zum ersten Male eine lückenlose Darstellung der Eireifungs- und Befruchtungsvorgänge eines Trematoden, des seltsamen *Zoogonus mirus* Looss zu geben. Die Untersuchung ergab dabei das Vorhandensein eines überaus merkwürdigen und einfachen Reduktionsmodus, an dessen wirklichem Vorhandensein nicht zu zweifeln ist» (S. 232). Es heisst auch weiter unten (S. 240), dass der »Primärtypus« von ihm bei *Zoogonus* «einwandfrei» aufgefunden worden sei.

wenn sich diese Angaben als unrichtig herausstellen sollten, sein ganzer Primärtypus zusammenbrechen würde.

Es musste uns deswegen bei einer Nachprüfung der Resultate Goldschmidts vor allem darauf ankommen, durch zahlreiche und unzweideutige Bilder die Chromosomenzahl sowohl in den Soma- und Embryonalzellen wie in den verschiedenen Generationen der Sexualzellen sicher festzustellen.

Da nun aber an dem zu unsrer Verfügung stehenden Material in den erwachsenen Tieren nur wenige Mitosen in Gewebezellen vorhanden sind, und diese ein sicheres Zählen der Chromosomen nicht gestatten, so haben wir uns beim Feststellen der Chromosomenzahl an die Mitosen der Embryonalzellen und an die Reifungs- und Furchungsmitosen halten müssen. Das gleiche hat nach seinen Zeichnungen zu urteilen auch Goldschmidt getan, denn seine Arbeit bringt nur eine einzige Abbildung einer Mitose in einer Gewebezelle (Fig. 2).

Junge Embryonen kommen nun an den Zoogonuspräparaten Goldschmidts, sowohl an den Schnitt- wie den Zupfpräparaten, ziemlich reichlich vor, und fast in jedem Embryo sind Mitosen zu finden. Die Chromosomen treten in denselben als ziemlich lange Stäbchen auf, und es gelingt unschwer ihre Zahl, wenn auch nicht ganz genau, so doch annähernd zu bestimmen.

Zu unsrer grössten Überraschung fanden wir nun gleich, dass die Normalzahl der Chromosomen von *Zoogonus* erheblich grösser ist als von Goldschmidt angegeben; anstatt zehn Chromosomen, wie dieser Forscher gefunden hat, fanden wir mehr als zwanzig. Es sind immer einige ganz kleine Chromosomen vorhanden, die in den Äquatorialplatten zwischen den dicht gedrängten zentralen Enden der radiär angeordneten längeren Chromosomen gelegen sind, und die sich deshalb nur schwer genau zählen lassen. Um mit voller Genauigkeit die Normahlzahl angeben zu können, wären frisch zubereitete Ausstrichpräparate nötig; schon aus den uns zur Verfügung stehenden Präparaten können wir aber sicher sagen, dass die Chromosomenzahl von *Zoogonus* wenigstens 22 beträgt, wahrscheinlich aber etwas höher, etwa 24—26, ist.

Prophasenbilder, wie die in unsren Fig. 24—26 wiedergegebenen, genügen allein schon zu beweisen, dass sich Goldschmidt bei seiner Angabe von der Normalzahl der Chromosomen eines fast unbegreiflichen Rechnungsfehlers schuldig gemacht hat, und doch können die Zeichnungen der dicht gedrängten Chromosomen, die einander in recht grosser Ausdehnung decken, und deren freie Enden erst durch Drehungen an

der Mikrometerschraube deutlich hervortreten, niemals die Klarheit der mikroskopischen Bilder wiedergeben. Ja, von den meisten ähnlichen Prophasenbildern gilt es, dass sie, wenn auch für ein Zählen der Chromosomen recht günstig, sich zeichnerisch kaum wiedergeben lassen. Zählungen der Chromosomen eben auf dem Prophasenstadium sind aber deshalb von besonderem Gewicht, weil hier Irrtümer, die sich beim Zählen auf dem Stadium der Äquatorialplatte wegen schon eingetretener Spaltung einiger Chromosomen einschleichen können, mit völliger Sicherheit ausgeschlossen sind.

Wie stellen sich nun die Zahlenverhältnisse in den Reifungsteilungen?

Leider sind die Chromosomen in den Spermatozytenteilungen stark zusammengeklumpt und erlauben kein sicheres Zählen, dagegen haben wir in mehreren Fällen die Chromosomen der Richtungsteilungen zählen können.

Goldschmidt findet vor beiden Richtungsteilungen 10 Chromosomen, was ungefähr das richtige trifft. In unsrer Fig. 14, wo sämtliche Chromosomen einer Oozyte aus der Prophase der I. Reifungsteilung nach 3 Schnitten eingezeichnet sind, zählt man mit Sicherheit 11 Chromosomen, vielleicht sind aber 12 oder sogar 13 vorhanden. Auch in Metaphasen derselben Teilung gelingt es gewöhnlich, dieselbe Zahl festzustellen. In Fig. 15 b zählt man z. B. 9 Chromosomen.

An dem einen Nachbarschnitt (Fig. 15 a) findet man ausser dem grossen Spermium links ein Chromosomenstück, rechts einen Körper, der entweder ein grosses Chromosom, oder vielleicht zwei kleinere darstellt. Am andern Nachbarschnitt ist nur ein ganzes Chromosom sichtbar; im ganzen können somit in dieser Mitose wahrscheinlich 12 oder 13 Chromosomen nachgewiesen werden.

In Fig. 16, einer Anaphase der I. Reifungsteilung, zählt man auf ähnliche Weise 11 oder 12 Chromosomen. Gehen wir nun zur II. Reifungsteilung über, so finden wir in der Prophase dieser Teilung die gleiche Chromosomenzahl (Fig. 17), und wir sehen weiter, dass die Chromosomen sich hier, ähnlich wie in andern Teilungen, entgegengesetzt den Angaben Goldschmidts, als längsgeteilte Stäbchen in die Äquatorialebene einstellen (Fig. 18) und auch wirklich längsgespalten werden. Im Ei bleiben somit 11—13 Chromosomen zurück, und ebenso viele werden dem II. Polkörper zugeführt (Fig. 19).

Der Annahme, es rückten in dieser Teilung ungespaltene Chromosomen in zwei Gruppen geordnet auseinander, liegen gar keine Tatsachen zugrunde.

Während des Ablaufes der II. Richtungsteilung findet, wie Goldschmidt richtig angegeben hat, die Auflockerung des Spermiumkopfes statt, und man vermag jetzt in mehreren Fällen die Zahl der aus demselben sich herausbildenden Chromosomen annähernd zu bestimmen. Es lässt sich dann ziemlich leicht feststellen, dass diese Zahl etwa 10—13 beträgt.

Auch während der Bildung der ersten Furchungsspindel gelingt es in einigen Fällen, die Chromosomenzahl der Vorkerne ziemlich genau zu zählen (vgl. Fig. 20, wo der Kontraktionsgrad der Chromosomen der beiden Vorkerne verschieden ist, und wo die Zahl der dickeren, vom Spermakern herrührenden Chromosomen wenigstens 11 beträgt), und dabei festzustellen, dass die reduzierte Zahl erheblich grösser als 5 ist, wie Goldschmidt angibt.

Endlich finden wir in den Furchungsmitosen, sowohl an Schnitt- wie an Totalpräparaten (Fig. 21—23) wenigstens 20 Chromosomen — — wie man sieht, dieselbe Zahl wie in den Mitosen der Embryonalzellen. Wir finden mit andern Worten, dass sich die Chromosomen bei *Zoogonus* genau wie bei allen andern bekannten Objekten verhalten, dass sie vor der I. Reifungsteilung in reduzierter Zahl auftreten und in beiden Reifungsteilungen längsgeteilt werden.

Wie soll man sich nun erklären, dass Goldschmidt konsequent[1] zu dermassen irrigen Resultaten über die Normalzahl der Chromosomen seines Objekts hat gelangen können, und dass er auch eine »reduzierte Zahl« der Chromosomen hat feststellen können, die ebenso unrichtig wie seine Normalzahl ist, sonderbarer Weise aber zu dieser auffallend gut passt? Wie soll man sich erklären, dass er einen Reduktionsvorgang beschreibt, von dem an den Präparaten nichts zu ersehen ist, und dass er sich sogar von der Unangreifbarkeit seiner Resultate so vollkommen überzeugt fühlen kann, dass er auf dieselben eine Klassifizierung von den in der Natur vorkommenden Reduktionsmodi baut, und sie als Grundlage einer Kritik der Haltung andrer Forscher benutzt?

Wir müssen darauf verzichten auf diese Fragen eine befriedigende Antwort zu geben, doch glauben wir bis zu einem gewissen Grade er-

---

[1] Es heisst (1905) S. 614: »Die erwähnte Chromosomenzahl 10 stellt die Normalzahl dar, wie aus Zählungen in Furchungszellen, Spermatogonien und auch Gewebezellen des Wurms übereinstimmend hervorgeht«.

klären zu können, durch welches Verfahren Goldschmidt zu seinen auffallend kleinen Chromosomenzahlen gelangt ist.

Wie aus der Darstellung Goldschmidts hervorgeht, hat er dieselbe vor allem auf Zupfpräparate gebaut, an denen »Irrtümer durch Schnittrichtung und Notwendigkeit der Kombination ausgeschlossen sind« (S. 609); dabei hat er aber doch „zur Kontrolle und Ergänzung auch Schnittserien angewandt«. Gegen dieses Verfahren Goldschmidts haben wir gewiss nichts einzuwenden; denn eine kritische Kombination der an Totalpräparaten gewonnenen Resultate mit den Befunden an lückenlosen Schnittserien ist selbstverständlich die sicherste Basis jeder zytologischen Untersuchung, wenn man nur imstande ist, aus jeder Art von Präparaten das herauszuziehen, was sie nach ihrer Art auf beste Weise leisten können. Es scheint uns aber nicht, dass Goldschmidt in dieser Hinsicht sehr glücklich gewesen ist.

Vor allem haben wir entschieden den Eindruck, dass sich Goldschmidt bei seiner Bestimmung der Chromosomenzahl zu viel auf Totalpräparate verlassen hat ohne dieselben durch Schnittpräparate genügend zu kontrollieren. Nach unsrer Erfahrung sind nämlich bei dem vorliegenden Objekte Totalpräparate allein für sich für die Bestimmung der Chromosomenzahl nur wenig geeignet. Die grösseren Chromosomen haben in den Mitosen die Form ziemlich langer, etwas gebogener Stäbchen, die nach beendigter Einstellung in die Teilungsebene strahlenförmig um das Zentrum der Äquatorialplatte angeordnet sind; ihre zentralwärts gerichteten Enden erscheinen zu dieser Zeit in der Regel dünner als die gegen die Zellperipherie frei ausstrahlenden, äusseren Enden[1]. In allen Mitosen, die uns klar zur Ansicht gekommen sind, sowohl in Embryonalzellen wie in Oo- und Spermatogonien (nur mit Ausnahme der ersten Furchungsmitosen und selbstverständlich der Reifungsmitosen) zeigen nun bei *Zoogonus* die Chromosomen eine ausgeprägte paarige Gruppierung; die Paarlinge sind von gleicher Länge und ihre zentralen Enden liegen einander ganz nahe (vgl. Fig. 26, wo die Einstellung der Chromosomen in die Teilungsebene jedoch noch nicht zu Ende gebracht ist). In der zentralen Partie der Äquatorialplatte, zwischen den Enden der längeren Chromosomen und diese oft deckend, liegen nun, wie schon oben erwähnt, die kleinen Chromosomen dicht gedrängt. Bei Betrachtung einer solchen Teilungsfigur in einem Totalpräparat kann man nun sehr leicht den Eindruck gewinnen, dass

[1] In den Telophasen scheinen wieder die beiden Enden der Chromosomen ungefähr die gleiche Dicke zu haben.

je ein Chromosomenpaar nur ein schleifenförmiges Chromosom darstellt, während sich die kleineren Chromosomen der Beobachtung leicht entziehen können.

In seiner Fig. 35, rechts oben, liefert nun Goldschmidt eine Zeichnung einer Äquatorialplatte mit schleifenförmigen Chromosomen, während er sonst nur stäbchenförmige Chromosomen abbildet; so hat er z. B. in seiner Fig. 36 unten eine Äquatorialplatte wiedergegeben, die was die Form der Chromosomen betrifft mit unsren Erfahrungen in bestem Einklang steht, nur ist die Mehrzahl der Chromosomen, darunter sämtliche kleineren, nicht eingezeichnet. Wir können nicht daran zweifeln, dass Goldschmidt im ersteren Falle die Chromosomenpaare, die auf dem entsprechenden Stadium sehr deutlich hervortreten, als Einzelchromosomen aufgefasst und somit hier in der Tat ungefähr 16 Chromosomen gezeichnet hat.

Bei Untersuchung von Schnittpräparaten überzeugt man sich nun viel leichter als an Totalpräparaten davon, dass die Chromosomen der Äquatorialplatten bei *Zoogonus* weder in den Reifungs- noch in andern Mitosen Schleifenform haben, wie auch an der Mehrzahl der Abbildungen Goldschmidts zu sehen ist. Dieser Forscher ist nun aber auch nach dem Studium seiner Schnittpräparate zu denselben Resultaten über die Zahl der Chromosomen gelangt, wie an Totalpräparaten. Wie ist dies möglich gewesen?

Ein eingehendes Studium der der Fig. 23 Goldschmidts zu Grunde liegenden Zelle hat uns einigermassen den Schlüssel zur Erklärung hierfür gegeben. Der betreffende Schnitt war von Goldschmidt an seinem Präparat angemerkt worden, was uns die Identifizierung der Zelle mit seiner Zeichnung wesentlich erleichterte. Wir sind nun aber betreffs dieses Bildes, das augenscheinlich eine späte Prophase der II. Reifungsteilung darstellt, zu einer etwas andern Deutung als Goldschmidt gelangt und haben nicht unterlassen wollen, diese unsre Deutung durch eine Abbildung klarzulegen (Fig. 18). Wie aus unsrer Zeichnung zu sehen ist, haben wir im betreffenden Schnitte 11 bis 13 Chromosomen oder Teile von solchen vorgefunden, während Goldschmidt nur 7 Chromosomen abgebildet hat; auch zeigen die Chromosomen eine unzweifelhafte Längsteilung, die bei Goldschmidt keine Berücksichtigung gefunden hat. Aus einem Vergleich unsrer Zeichnung mit der von Goldschmidt gelieferten geht nun klar hervor, dass dieser Forscher mehrere getrennte Chromatinteile als zusammenhängende Stäbchen abgebildet hat. Im wiedergegebenen Schnitte haben wir aber, wie leicht zu sehen ist, nicht die ganze Äquatorialplatte vor uns, mehrere

Chromosomen sind vom Messer getroffen worden. Glücklicherweise sind nun beide Nachbarschnitte im Präparate vorhanden, und in dem einen derselben, der dem Beobachter näher als unser Bild gelegen gedacht werden muss, findet man 3 kurze Chromatinstücke, im andern aber 6 oder 7, die scheinbar alle Teile durchschnittener Chromosomen darstellen.

In dem hier besprochenen Falle haben wir also tatsächlich eine Chromosomenzahl vorgefunden, die von der von Goldschmidt angegebenen (10) nicht so sehr abweichend ist. Wie ist es aber mit den Telophasen der II. Reifungsteilung, in denen dieser Forscher nur 5 Chromosomen gezählt hat?

In diesem Punkte, müssen wir gestehen, ist es uns völlig unverständlich geblieben, wie Goldschmidt zu seinem Resultate gekommen ist, denn in allen Zellen, die wir aus diesem Stadium an seinen Präparaten vorgefunden haben, erscheint schon beim ersten Blick die Chromosomenzahl grösser als 5; man werfe nur einen Blick auf unsre Abbildungen 19 a—b, die mit grösster Genauigkeit gezeichnet sind. Selbst wenn man hier annehmen würde, dass sämtliche Chromosomen Schleifenform hätten, so würde man doch eine grössere Zahl als 5 bekommen.

Im ganzen können wir uns auch bezüglich dieser Stadien des Eindrucks nicht erwehren, dass Goldschmidt die »durch Schnittrichtung und Notwendigkeit der Kombination“ geschaffenen Schwierigkeiten bei Untersuchung von Schnittserien sehr leicht genommen und sich einfach mit der Untersuchung der einzelnen Schnitte begnügt haben muss, denn wir können kaum bezweifeln, dass er durch ein genaueres Verfolgen der einzelnen Mitosen von Schnitt zu Schnitt sich leicht davon hätte überzeugen können, dass seine Zahlenangaben sehr weit von der Richtigkeit entfernt sind.

Der Reduktionsvorgang.

Nachdem wir jetzt mit dem, was aus den zu unsrer Verfügung gestellten Präparaten über die Zahlenverhältnisse der Chromosomen in den verschiedenen Mitosen herauszufinden war, fertig sind, und dadurch haben feststellten können, dass bei *Zoogonus* wie bei allen andern uns bekannten Objekten die Chromosomen schon in der frühen Prophase der I. Reifungsteilung der Sexualzellen in reduzierter Zahl auftreten, bleibt uns noch übrig, den ganzen Entwicklungsgang der Sexualzellen bei die-

sem Objekte zu verfolgen und vor allem den Modus der Pseudoreduktion klarzulegen.

Ähnlich wie wir früher von *Tomopteris* (1906 a, 1908) und von *Myxine* (1906 b) ausführlich geschildert haben, wachsen auch bei *Zoogonus* die Chromosomen nach der letzten Teilung der Vermehrungsperiode, wie nach früheren Teilungen, zu langen Bügeln aus, die den jungen Kernen ein ausgeprägtes streifiges Aussehen verleihen (Fig. 2). Während der weiteren Entwicklung bilden sich nun auf eine an unsrem Material nicht näher verfolgbare Weise diese lockeren Bügel in dünne, wohlbegrenzte Chromatinschleifen um, die alle gegen den einen Pol des Kernes gerichtet sind und hier frei endigen. Eine Anzahl der Schleifen steht immer mit dem ansehnlichen, mit Eisenhämatoxylin sich schwärzenden Nucleolus in Verbindung (Fig. 3 und 4).

Bald nimmt man nun wahr, dass zwischen den dünnen Fädchen dickere Balken auftreten, die von Anfang an etwa die doppelte Dicke von der der dünnen haben und manchmal eine recht deutlich hervortretende Dualität zeigen (Fig. 5). Diese dicken Balken nehmen auf Kosten der dünnen allmählich an Zahl zu, bis schliesslich die Kerne nur dicke Chromatinbügel enthalten, die auf gleiche Weise wie die dünnen gegen den einen Kernpol frei endigen. Die Dualität der Bügel tritt noch jetzt ab und zu hervor, doch weniger deutlich als auf früheren Stadien.

Die Zahl der Chromatinbügel der verschiedenen Stadien lässt sich an unsrem Material nicht genau bestimmen; so viel können wir aber sagen, dass die Zahl der dicken Bügel ungefähr die Hälfte von derjenigen der dünnen beträgt; und zwar scheint die letztere Zahl mit der Normalzahl, die erstere aber mit der reduzierten Zahl der Chromosomen ungefähr zusammenzufallen; wir meinen auch nach der Übereinstimmung des ganzen Entwicklungsganges der Geschlechtszellen von *Zoogonus* mit dem uns von andern Objekten, vor allem von *Tomopteris* bekannten, mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen zu können, dass dies tatsächlich der Fall ist, und dass somit beim Übergang vom Stadium der dünnen zu dem der dicken Bügel eine paarweise Vereinigung der Chromatinbügel zu bivalenten Elementen, mit andern Worten eine Konjugation der Chromosomen stattfindet.

Auf welche Weise kommt nun die Konjugation der Chromosomen in den Sexualzellen von *Zoogonus* zustande?

Trotzdem die Bilder der betreffenden Stadien an den zu unsrer Verfügung stehenden Präparaten recht wenig demonstrativ sind, so scheint es uns doch kaum einem Zweifel unterliegen zu können, dass

wir es auch bei diesem Tiere wie bei allen andern uns bekannten Objekten mit einer parallelen Konjugation zu tun haben.

Schon der Umstand, dass aus den dünnen Schlingen unmittelbar dicke hervorgehen, während die beiden freien Enden einer Schlinge immer dem einen Pol des Kernes zugekehrt bleiben, scheint eine andre Deutung ausschliessen zu müssen. Dazu kommt aber noch, dass wir mehrmals während der Bildung der dicken Bügel eine Parallelität oder Umeinanderdrehung zweier dünnen Fädchen wahrgenommen haben (Fig. 5 rechte Zelle), und in Kernen, die dünne und dicke Schlingen nebeneinander enthalten, uns nicht selten davon haben überzeugen können, dass zwei dünne Fädchen an der einen oder an beiden Seiten zu einem dicken Balken zusammenlaufen (Fig. 5—7).

Ein etwas abweichendes Verhalten haben wir bei *Zoogonus* darin gefunden, dass die dünnen Chromatinschlingen hier schon durch ihre ganze Länge zu wohlbegrenzten Fädchen kondensiert zu werden scheinen, ehe die Konjugation anfängt, während bei *Tomopteris*, *Myxine* und *Salamandra* die Schlingen schon zu Anfang der Kondensation mit ihren Enden parallel verlaufen. Aus diesem Grunde haben wir auch die Möglichkeit vor Augen gehabt, dass wir bei *Zoogonus* vielleicht einen andern Reduktionsmodus als bei unsern andern Objekten vor uns haben könnten.

Bekanntlich haben Goldschmidt (1908) und sein Schüler Popoff (1907) für gewisse Objekte bei der Entwicklung der Geschlechtszellen eine Stadienfolge gefunden, die im grossen und ganzen mit der von uns hier geschilderten zusammenfällt, bei der sie aber zu dem Resultate gelangt sind, dass die Pseudoreduktion bei ihren Objekten nicht durch parallele Konjugation, sondern durch endweises Zusammenbleiben von je zwei Chromosomen zustande kommt (vgl. unten), und wir haben deshalb die Möglichkeit sehr ernsthaft geprüft, ob vielleicht auch bei *Zoogonus* ein ähnlicher Reduktionsmodus vorkommen könnte. Bei dieser Prüfung sind wir aber zu einem vollkommen negativen Resultat gelangt. Es ist uns weder während des Eintretens der Konjugation ein einziges Bild vor Augen gekommen, das sich für eine ähnliche Deutung verwerten liesse, noch haben wir auf dem Stadium der bivalenten Schlingen auch nur einmal eine ähnliche Einschnürung an der Mitte der Schlingen beobachten können, wie die erwähnten Verfasser für ihre Objekte beschrieben und abgebildet haben.

Auf dem Stadium der bivalenten Schlingen sehen noch die Kerne der Oozyten und Spermatozyten einander ganz ähnlich, nur sind die ersteren etwas grösser und nehmen während des Bestehens der biva-

lenten Schlingen mehr als die Spermatozytenkerne an Grösse zu; bald treten aber in denselben charakteristische Veränderungen ein, die mit dem jetzt einsetzenden starken Wachstum des Zytoplasmas in Zusammenhang stehen. Die weitere Entwicklung der beiden Arten von Geschlechtszellen müssen wir deshalb getrennt behandeln und fangen mit einer Verfolgung der Entwicklung der Spermatozyten an.

Indem die Zellleiber sowie die Kerne etwas an Grösse zunehmen, werden auch die Chromatinbügel dicker als früher und bekommen rauhere Konturen, während gleichzeitig ihre Anordnung etwas unregelmässiger wird (Fig. 8). Ihre während dieser Zeit meistens ganz undeutlich gewordene Dualität tritt nun bald wieder sehr klar hervor und entwickelt sich, ähnlich wie bei *Tomopteris* und andern Objekten, rasch zu einer wahren Längsspaltung; die Spalthälften jedes Bügels weichen auseinander (Fig. 9), wobei sie immer an einer, oder meistens an beiden Seiten in der Nähe ihrer freien Enden miteinander vereinigt bleiben. Diese Verklebung bleibt während der folgenden Kontraktion der bivalenten Chromosomen bestehen (Fig. 10—12), und die Kerne tragen im ganzen während dieser Entwicklungsperiode ein Aussehen, das mit dem entsprechenden bei vielen andern Objekten vollkommen übereinstimmt. Nach der Auflösung der Kernmembran tritt an unsrem Material eine so starke Kontraktion und Verklumpung der Chromosomen ein, dass eine weitere Verfolgung der einzelnen Elemente leider dadurch unmöglich gemacht wird. Erst während der Auflockerung des Spermiums (Fig. 17—19) treten wieder die Chromosomen als getrennte Klumpen hervor (vgl. oben).

Bei den meisten Objekten, wo wir früher die Entwicklung der Oozyten verfolgt haben, vor allem bei *Enteroxenos*, *Spinax* und *Raja*, haben wir gefunden, dass die dicken Chromatinbügel längsgespalten werden, schon ehe sie in den »Wachstumskernen« einen lockeren Bau und unscharfe Konturen bekommen. In den Oozyten von *Zoogonus* scheint aber keine so frühe Spaltung der bivalenten Chromatinschlingen einzutreten; erst wenn sich in den Zellen deutliche Zeichen der bevorstehenden I. Reifungsteilung kundgeben, lässt sich eine unzweifelhafte Dualität der Chromatinzüge nachweisen, und bald treten dann die Chromosomen in Gestalten auf, die mit den aus der Prophase der I. Reifungsteilung der Spermatozyten von *Zoogonus* und der männlichen wie weiblichen Geschlechtszellen von zahlreichen andern Objekten bekannten Chromosomenformen unschwer homologisiert werden können (Fig. 13 und 14). Eine Längsteilung der Spalthälften an diesem Stadium haben wir jedoch an unsrem Material von *Zoogonus* nicht feststellen können.

In der Metaphase der I. Reifungsteilung zeigen sich die Chromosomen meistens als unregelmässige, kaum analysierbare Klumpen; nur einmal, wo freilich die Einstellung der Chromosomen in die Teilungsebene noch nicht beendigt war, vermochten wir ihre Formen, wenigstens was die meisten angeht, auf die früheren unschwer zurückzuführen (Fig. 15). In der Anaphase dieser Teilung werden, wovon uns mehrere Bilder klar überzeugt haben, die Spalthälften der Chromosomen voneinander getrennt. Die Spindelfasern scheinen, soweit wir haben feststellen können, einseitig an den Enden der Spalthälften anzugreifen. Eine Längsteilung der Spalthälften, wie sie bei den meisten Objekten in dieser Teilung gefunden wird, haben wir hier auch nach ihrer vollkommenen Trennung (Fig. 16) nicht erkennen können, was wahrscheinlich aber damit im Zusammenhang steht, dass die Chromosomen an den meisten Präparaten stark geschwollen sind.

Die Interkinese scheint von kurzer Dauer zu sein. In die II. Reifungsteilung treten die Chromosomen als längsgeteilte Stäbchen ein, deren beiden Längsteile immer dicht beisammen liegen (Fig. 18).

Schlussbemerkungen.

Unsre Untersuchungen über den Reifungsvorgang bei *Zoogonus* haben gezeigt, dass dieser in allen wichtigen Punkten mit dem von andern genauer untersuchten Objekten bekannten Modus übereinstimmt; sie haben mit hinreichender Klarheit dargetan, dass auch bei diesem Objekte eine Pseudoreduktion der Chromosomen in der Reifungsperiode zustande gebracht wird, und dass beide Reifungsteilungen Längsteilungen der bivalenten Chromatinelemente darstellen. Weiter haben unsre Untersuchungen es sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Pseudoreduktion auch hier durch paarweise parallele Vereinigung je zweier Chromosomen zustande kommt, und wir glauben deswegen, unsre an *Zoogonus* gewonnenen Resultate im ganzen dahin zusammenfassen zu können, dass die Chromatinreifung der Geschlechtszellen dieses Wurms nach demselben Typus verläuft wie bei *Tomopteris*.

Goldschmidt hat mehrmals in seinen Referaten im Zoologischen Zentralblatt und jüngst in seiner letzten Arbeit (1908, S. 233) betont, dass ihm »nicht erfindlich ist, warum die Natur durchaus immer nur auf einem Weg ein gegebenes Ziel erreichen soll«, und hierin werden wohl alle Naturforscher ihm beistimmen müssen; wir Menschen sind leider nicht mit einer derartigen apriorischen Kenntnis der Naturgesetze

ausgestattet, dass wir ohne eingehende und vielseitige Studien uns über ihre Äusserungsweise aussprechen können. Auf der andern Seite meinen wir aber, dass so lange es feststeht, dass die Natur in allen genügend untersuchten Fällen ein gegebenes Ziel auf eine bestimmte Weise erreicht, während alle anderslautenden Angaben nachweisbar auf ungenügender Kenntnis der Verhältnisse fussen, man der Natur dadurch weniger Gewalt antut, dass man diese eine, sichergestellte Weise einstweilen als allein-gültig ansieht, als durch das Aufstellen einer Reihe von »Modi«, von deren Vorhandensein in der Natur keine wissenschaftlich begründeten Angaben vorliegen, und die deswegen als rein hypothetisch anzusehen sind.

Selbst sind wir, wie man sich vielleicht erinnern wird, früher (1904) für die Auffassung eingetreten, dass die Reduktion der Chromosomen in den Sexualzellen der verschiedenen Objekte wahrscheinlich auf verschiedene Weisen erreicht wird, und unsre damalige Betrachtungsweise stimmt mit der von Goldschmidt (1905) ein Jahr später gelieferten Einteilung der Reduktionsvorgänge nach verschiedenen Typen (S. 640) recht gut überein, wenn wir von seinem hier neu zugekommenen »Primärtypus« absehen. Wenn wir diese unsre Auffassung später allmählich geändert haben, so ist es einfach aus dem Grunde geschehen, weil wir dem Wege der sich immer mehrenden Tatsachen gefolgt sind, und nicht, wie Goldschmidt zu glauben scheint, weil »die Verbindung der Mendelschen Regeln mit den Chromosomenverhältnissen den Wunsch hat aufkommen lassen[1], vor den Reifungsteilungen einen Zusammenschluss homologer Chromosomen zu finden« (1908, S. 240).

Goldschmidt stimmt mit Meves und Fick darin überein, »dass alle bisherigen Angaben über Konjugation sich auf eine frühzeitige Längsspaltung des Chromatins beziehen und dass keine Angabe vorliegt, die man nicht mit ebenso viel Berechtigung in dieser Weise deuten könnte« (S. 241). Trotz dieser seiner stark ablehnenden Haltung allen bis jetzt gelieferten recht eingehenden Schilderungen einer parallelen Konjugation gegenüber, gibt er doch noch die Möglichkeit zu, dass ein ähnlicher Vorgang, den er ja früher selbst als den am höchsten entwickelten, für Wirbeltiere und Pflanzen charakteristischen Reduktionsmodus angenommen hat, in der Natur tatsächlich vorkommen kann — mit andern Worten, eine parallele Konjugation wird angenommen, alle Angaben über das Vorkommen einer solchen werden verworfen!

---

1 von uns gesperrt.

Bekanntlich hat Goldschmidt (1905) zwischen seinem *Primärtypus*, der bei *Zoogonus* und, nach den Untersuchungen seines Schülers Prandtl (1907), bei *Didinium nasutum* verwirklicht sein soll, und seinem Konjugationstypus, der, wie wir eben gehört haben, im Gegensatz zu dem Primärtypus noch bei keinem Objekte einwandfrei aufgefunden sein soll, einen sogenannten Tetradentypus aufgestellt. Dieser Typus wird im Jahre 1905 „dadurch charakterisiert, dass die zu trennenden ganzen Chromosomen in längs gespaltener Form sich zu Viergruppen zusammenlegen[1]. Je nachdem die Zusammenlegung nebeneinander oder hintereinander erfolgt, geschieht dann der Reduktionsvorgang durch eine eumitotische oder pseudomitotische Teilung«. Ein Beispiel der ersteren Art liefert *Ascaris*, ein Beispiel der letzteren aber *Cyclops*, während die Verhältnisse bei *Ophryotrocha*, *Helix* u. a. als besondere Unterfälle des pseudomitotischen Tetradentypus aufgeführt werden (S. 640).

In der jüngsten Arbeit Goldschmidts (1908) begegnet uns sein Tetradentypus in etwas modifizierter Form. Dieser Typus soll sich jetzt dadurch auszeichnen, dass bei demselben »echte Tetraden auftreten, d. h. doppelwertige Chromosomen, deren Einzelchromosomen nur getrennt werden können, wenn eine Teilung nach dem Querspalt verläuft«[1] (S. 240). Von dem eumitotischen Tetradentypus mit dem Schulbeispiel *Ascaris* hören wir somit jetzt nichts mehr, ohne dass wir erfahren, aus welchem Grunde dieser Typus preisgegeben worden ist, und ebensowenig zu welchem seiner drei Typen der Reifungsvorgang bei diesem Objekte jetzt gerechnet werden soll. Da hier nach seinen früheren Angaben in der I. Reifungsteilung »Tetraden« auftreten, solche aber bei dem Konjugationstypus nicht vorkommen, sollte wohl für diesen Fall das Aufstellen eines eigenen Typus notwendig sein?

Auch der pseudomitotische Tetradentypus ist jetzt nicht mehr genau dasselbe Ding wie im Jahre 1905. Während damals von einer Bildung der Tetraden durch »Zusammenlegung ganzer Chromosomen«[1] gesprochen wurde, womit wohl gesagt worden ist, dass diese Chromosomen vorher getrennt waren (vgl. sein Hinzurechnen des Falles *Ophryotrocha* zu diesem Typus), so scheint Goldschmidt jetzt von einem solchen Gedanken bestimmt Abstand zu nehmen, indem er hervorhebt, dass »in allen Fällen des Tetradentypus und der Konjugation end to end, wirklich von nichts andrem gesprochen werden kann als einer unvollkommenen Segmentierung des Spiremfadens« (S. 242).

[1] von uns gesperrt.

Was nun seine früheren Hauptbeispiele des pseudomitotischen Tetradentypus, *Cyclops* und *Ophryotrocha* anlangt, so darf er sich nach dem Erscheinen der Arbeiten von Lerat (1905), Grégoire und Deton (1906) und uns (1906 c) nicht mehr richtig auf sie verlassen. Immerhin bleiben ihm »noch genug Fälle aus neuester Zeit, die das wirkliche Vorkommen des Tetradentypus beweisen«, so vor allem die Untersuchungen von Popoff (1907), Wassilieff (1907), Blackman (1905), Zweiger (1906), denen sich nunmehr auch die jüngsten Untersuchungen von Goldschmidt selbst über das Verhalten des Chromatins bei der Eireifung des *Distomum lanceolatum* zugesellen.

Von den hier erwähnten Arbeiten kommen, wie uns scheint, vor allem die von Popoff, die mit klaren, leicht übersichtlichen Zeichnungen versehen ist, sowie die jüngste von Goldschmidt in Betracht.

Was nun die erstere Arbeit betrifft, die unter der Leitung Goldschmidts ausgeführt worden ist, und die die Chromatinreifung bei *Paludina* behandelt, so können wir uns nach eigenen Erfahrungen von vielen verschiedenen Objekten, darunter auch einer Schnecke, *Enteroxenos* (1907), gar nicht davon überzeugt fühlen, dass hier ein Reduktionsmodus vorliegt, der von dem von uns gefundenen wesentlich verschieden sein sollte. Von dem Umstand abgesehen, dass Popoff bei seinem Objekte auf dem Stadium der dünnen Chromatinfäden das Vorhandensein eines einheitlichen Fadens im Kerne annimmt und keine parallele Vereinigung der dünnen Fäden hat feststellen können, (obwohl er aller Wahrscheinlichkeit nach in dem in seiner Fig. 24 wiedergegebenen Kerne ein frühes Konjugationsstadium vor sich gehabt hat), stimmen seine Befunde über das Verhalten der dicken Chromatinbügel und ihre spätere Längsspaltung mit den unsrigen an *Enteroxenos* und andern Objekten recht wohl überein. Die Entwicklung der Chromosomenformen während der Prophase der I. Reifungsteilung hat aber Popoff nicht dermassen genau verfolgt (vgl. seine Fig. 40—54), dass er über das Hervorgehen der 4 Teile der fertiggebildeten Chromosomen der I. Richtungsspindel ein begründetes Urteil auszusprechen imstande sein kann[1]. Wir wollen in dieser Verbindung auch nicht unterlassen daran zu erinnern, dass Meves (1902) bei demselben Objekte wie Popoff zu ganz andern Resultaten über das Hervorgehen der bivalenten Chromosomen aus den

---

[1] Popoff schreibt selbst (S. 59): »Trotz den vielen Präparaten ist es mir leider nicht geglückt, alle Prozesse, die sich bis zu der Ausbildung der Chromosomen abspielen, Schritt für Schritt zu verfolgen und die Beteiligung der Nucleolen dabei festzustellen«.

längsgespaltenen Chromatinbalken gelangt ist, und dass diese seine Befunde mit unsren eigenen bei *Enteroxenos* vollkommen übereinstimmen.

Was endlich die »Querteilungen« der dicken Chromatinbügel betrifft, denen Popoff ein so grosses Gewicht zugemessen hat, so haben wir (05), wie auch Popoff hervorhebt, ähnliche »durch Linin überbrückte Unterbrechungen der Chromatinfäden« aus den Spermatozytenkernen von *Myxine* abgebildet, und später auch bei mehreren andern Objekten wiedergefunden, dieselben aber immer als scheinbar mehr zufällige Bildungen aufgefasst, die an den verschiedensten Stellen der Fäden, und oft mehrere an demselben Bügel, auftreten können.

Mit Hinblick auf die grosse Sicherheit, womit Goldschmidt die Resultate Popoffs als Belege seines Tetradentypus einkassiert, verdient auch daran erinnert zu werden, dass sich dieser Forscher selbst mit recht grosser Vorsicht äussert und an mehreren Stellen in seiner Arbeit von seiner »Deutung« des Vorgangs spricht, soweit wir haben finden können, aber nirgends hat beanspruchen wollen den einwandfreien Beweis der Richtigkeit seiner Auffassung geliefert zu haben; er betont auch ausdrücklich (S. 88), dass wenn sich wirklich ergeben sollte, dass die dünnen Fädchen in dem »Synapsisstadium« in der Normalzahl der Chromosomen vorhanden wären, die Zahl der dicken Chromatinschleifen aber halb so gross wäre, so würde eine grosse Wahrscheinlichkeit für das Statthaben einer Konjugation sprechen.

Da nun Goldschmidt in seiner neuesten Arbeit, bezüglich des Reifungsvorgangs bei *Distomum* zu Resultaten gelangt ist, die sich so vollkommen mit denen Popoffs decken, dass er zur Ergänzung seiner recht spärlichen und wenig überzeugenden Abbildungen auf diejenigen dieses Forschers hinweisen kann, so darf wohl der Gedanke berechtigt sein, dass schon eine Prüfung der Verhältnisse bei diesem einen Objekte genügen würde, um dem Untersucher vom Werte des pseudomitotischen Tetradentypus Goldschmidts eine begründete Meinung zu geben.

Es war nun auch, als wir fast gleichzeitig mit den *Zoogonus*präparaten Goldschmidts durch seine Freundlichkeit seinen neuesten Aufsatz im Korrekturabdruck in die Hände bekommen und uns mit dessen Inhalt bekannt gemacht hatten, unsre Absicht, zusammen mit der hier vorliegenden Untersuchung auch eine Nachprüfung seiner Resultate über die Chromatinreifung bei *Distomum* vorzunehmen. Nachdem wir uns aber mit den *Zoogonus*präparaten Goldschmidts näher bekannt gemacht haben, haben wir diesen Entschluss wieder aufgegeben; diese Untersuchung hat uns nämlich die bestimmte Meinung gegeben, dass so

lange Goldschmidt an der Lückenlosigkeit und Einwandfreiheit seiner Darstellung von der Chromatinreifung bei *Zoogonus* festhält, keinen seiner Angaben über diesbezügliche Fragen eine derartige wissenschaftliche Bedeutung beigelegt werden kann, dass sie allein für sich im Interesse der Klärung der betreffenden Fragen eine Nachprüfung erforderlich machen.

Trotz allen aus der Goldschmidtschen »Schule« stammenden Berichten meinen wir somit auch jetzt berechtigt zu sein auszusprechen, dass bis zum heutigen Tage keine wissenschaftlich begründeten Angaben in der Literatur vorliegen, die die Richtigkeit unsrer Annahme, dass in der ganzen organischen Welt die Chromatinreduktion nach demselben Grundtypus stattfindet, widerlegen können.

Damit wollen wir aber, worauf hier nochmals ausdrücklich aufmerksam gemacht werden soll, keineswegs ausgesprochen haben, dass wir die Richtigkeit dieser Annahme jetzt als strikte wissenschaftlich bewiesen ansehen, und noch weniger, dass wir bei unsrem Versuch (1906 b), der Frage von dem Wesen der Reifungserscheinungen etwas näher zu rücken, diesem Problem auch annähernd auf den Grund gekommen sein sollten. Stehen wir doch wohl jetzt eben am Anfang einer Forschungsära, die uns hoffentlich ein tieferes Verständnis der Morphologie und Physiologie der Chromosomen und damit auch der hier näher behandelten Fragen eröffnen wird!

Wir wollen auch Goldschmidt (vgl. seine Ausführungen 1908, S. 240—41) und unsren übrigen Kritikern gegenüber betonen, dass »theoretische Postulate« uns unsren Reduktionstypus so wenig diktiert haben, dass falls künftige Untersuchungen neue Tatsachen an den Tag bringen werden, die neues Licht über unsre Beobachtungen werfen, wir die ersten sein werden, eine solche Erweiterung unsrer Erkenntnis[1] mit Freude aufzunehmen und, wenn nötig, unsre »Theorien« danach zu modifizieren. Haben wir auch noch so sehr nach Klarheit gestrebt, vor allem suchen wir die Wahrheit.

Kristiania im Januar 1908.

1 Als solche können wir allerdings die Hypothese Goldschmidts nicht begrüssen, nach der die ganz eigenartigen Erscheinungen der »Synapsisperiode« darauf beruhen sollten, dass in derselben »die Herausarbeitung der Vererbungssubstanzen geschieht, durch Trennung des Idiochromatins von Trophochromatin« (1908, S. 242).

Literatur[1].

Blackman, W. M. (1905): The Spermatogenesis of the Myriapods. *Bull, Mus. Comp. Zool. Havard Coll.* Vol. 48.

Fick, R. (1907): Vererbungsfragen, Reduktions- und Chromosomenhypothesen, Bastard Regeln. *Ergebn. d. Anat. u. Entwickl. gesch.* Bd. 16.

Goldschmidt, R. (1905): Eireifung, Befruchtung und Embryonalentwicklung des Zoogonus mirus Lss. *Zool. Jahrb.* (Anat.) Bd. 21.

—»— (1908): Über das Verhalten des Chromatins bei der Eireifung und Befruchtung des Dicrocoelium lanceatum Stil. et Hass (Distomum lanceolatum). *Arch. f. Zellforschung.* Bd. 1.

Grégoire, V., u. Deton, W. (1906): Contribution à l'étude de la spermatogénèse dans l'Ophryotrocha puerilis. *La Cellule,* t. 23.

Korschelt, E. (1895): Über Kernteilung, Eireifung und Befruchtung bei Ophryotrocha puerilis. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. 60.

Lerat, P. (1905): Les phénomènes de maturation dans l'ovogénèse et la spermatogénèse du Cyclops strenuus. *La Cellule,* t. 22.

Meves, Fr. (1902): Über oligopyrene und apyrene Spermien und über ihre Entstehung nach Beobachtungen an Paludina und Pygaera. *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. 61.

—«— (1907): Die Spermatozytenteilungen bei der Honigbiene nebst Bemerkungen über Chromatinreduktion. *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. 70.

Popoff, M. (1907): Eibildung bei Paludina vivipara und Chromidien bei Paludina und Helix. *Archiv f. mikr. Anat.* Bd. 70.

Prandtl, H. (1906): Die Konjugation von Didinium nasutum O. F. M. *Arch. f. Protistenkunde.* Bd. 7.

Rückert, J. (1894): Die Chromatinreduktion bei der Reifung der Sexualzellen. *Ergebn. d. Anat. u. Entwickl.gesch.* Bd. 3.

Schreiner, A. u. K. E. (1904): Die Reifungsteilungen bei den Wirbeltieren. Ein Beitrag zur Frage nach der Chromatinreduktion. *Anat. Anz.* Bd. 24.

—«— (1905): Über die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Myxine glutinosa. L. I. *Arch. de Biol.*, t. 21.

—«— (1906 a): Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen I. Die Reifung der männlichen Geschlechtszellen von Tomopteris onisciformis. *Arch. de Biol.*, t. 22.

—«— (1906 b): Neue Studien. II. Die Reifung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa, Spinax niger und Myxine glutinosa. *Arch. de Biol.*, t. 22.

---

[1] Das hier gegebene Verzeichnis umfasst allein Arbeiten, die im Text erwähnt sind; ausführliche Verzeichnisse der Literatur über das Verhalten des Chromatins in den Geschlechtszellen werden in mehreren unsrer früheren Arbeiten sowie in denen zahlreicher anderen Forscher gefunden.

Schreiner, A. u. K. E. (1906 c): Neue Studien III. Die Reifung der Geschlechtszellen von Ophryotrocha puerilis. *Anat. Anz.* Bd. 29.

—«— (1907): Neue Studien IV. Die Reifung der Geschlechtszellen von Enteroxenos östergreni. *Videnskabs-Selsk. Skr. I. Math.-Naturv. Kl. 1907.*

—«— (1908): Gibt es eine parallele Konjugation der Chromosomen? Eine Erwiderung an die Herren Fick, Goldschmidt und Meves. *Videnskabs-Selsk. Skr. I. Math.-Naturv. Kl. 1908.*

Wassilieff, A. (1907): Die Spermatogonese von Blatta germanica. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 70.

Zweiger, H. (1906): Die Spermatogenese von Forficula auricularia L. *Jenaische Zeitschr. f. Naturw.* Bd. 42.

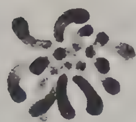
Erklärung der Figuren.

Sämtliche Zeichnungen sind mit Zeiss' Apochromat 1.5 mm. und Ocular 8, Tubuslänge: 160 mm., unter Benutzung des Abbeschen Zeichenapparates auf Arbeitstischhöhe entworfen.

Alle Zeichnungen sind nach den Präparaten von Dr. Goldschmidt. Fig. 17, 21, 26 nach Totalpräparaten, die mit Delafield'schem Hämatoxylin und Orange (?) gefärbt waren, alle übrigen nach Eisenhämatoxylinschnitten. Die Lage der abgebildeten Zellen in den Präparaten möglichst genau durch Angebung 1) der Seriennummer, 2) der (senkrechten!) Schnittreihe (a, b, c, d, e) 3) der Präparatnummer (von oben nach unten gezählt) bestimmt.

Fig. 1. Oogonie, späte Prophase. Serie 7, e 5.
» 2. Junge Spermatozyte. Serie 10, b 8.
» 3. 2 junge Spermatozyten. Stadium der dünnen Schleifen. Serie 4, c 5.
» 4. Etwas ältere Spermatozyte. Serie 4, c 5.
» 5. 2 Oozyten. Bildung der dicken Schleifen. Serie 11, b 2, rechts.
» 6. Oozytenkern. Dasselbe Stadium wie Fig. 5. Detailbild. Serie, 4 a 7.
» 7. Spermatozyte. Dasselbe Stadium wie Fig. 5 und 6. Serie 4, b 6.
» 8. 2 Spermatozyten. Stadium der dicken Schleifen. Serie 12, a 3.
» 9. 3 Spermatozyten. Längsspaltung der Schleifen. Serie 7, a 2, rechts.
» 10—11. 4 Spermatozyten. Kontraktion der bivalenten Chromosomen. Serie 7, d, verschiedene Schnitte.
» 12. 5 Chromosomen aus der Prophase der I. Reifungsteilung der Spermatozyten. Serie 7, d und e, verschiedene Schnitte.
» 13. Frühe Prophase der I. Richtungsteilung. Serie 7, a 4.
» 14. Spätere Prophase der I. Richtungsteilung, nach drei Schnitten gezeichnet. Serie 1, b 4—6.
» 15 a—b. I. Richtungsspindel. In a das Spermium. Serie 7, a 5—6.
» 16. Telophase der I. Richtungsteilung. Serie 7, a 5.
» 17. Prophase der II. Richtungsteilung. Totalbild. Präparat 15.
» 18. Spätere Prophase der II. Richtungsteilung. Serie 1, d 1.
» 19 a—b. Telophase der II. Richtungsteilung. In b das Spermium. Serie 4 c 2—3.
» 20 a—b. Prophase der I. Furchungsteilung. Serie 11, d 2—3.
» 21. I. Furchungsspindel. Totalbild. Präparat 13.
» 22. Prophase der I. Furchungsteilung. Serie 7, a 6.
» 23. Prophase der II. Furchungsteilung. Serie 4, c 1.
» 24 a—b. Prophase einer späteren Furchungsteilung. Serie 4, d 1—2.
» 25. Prophase in einer Embryonalzelle. Serie 3, d 5.
» 26. Spätere Prophase in einer Embryonalzelle. Totalbild. Präparat 15.
» 27. Telophase in einer Embryonalzelle. Serie 11, d 1, rechts.

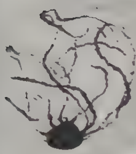
Trykt 22de august 1908.


1.


2.



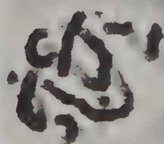
3.

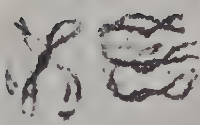

4.


5.


6.

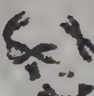

7.

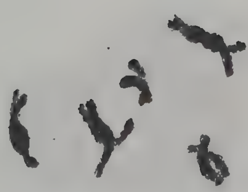


8.

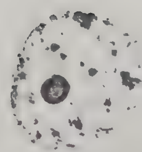


9.




10.

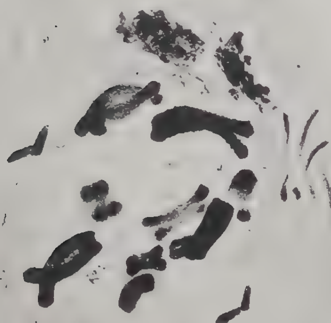

11.


12.





13.

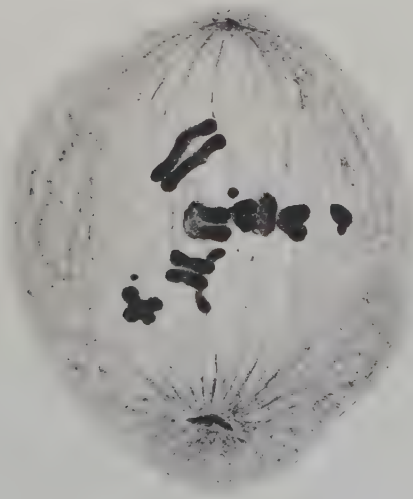


14.



16.





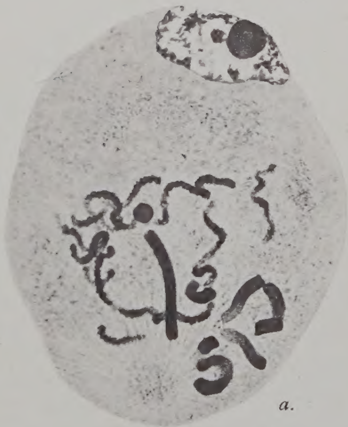
a. 15. *b.*



17.



18.



a.

20.

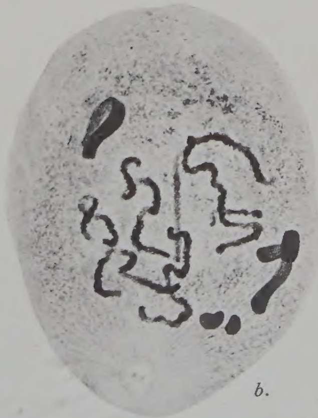


a.

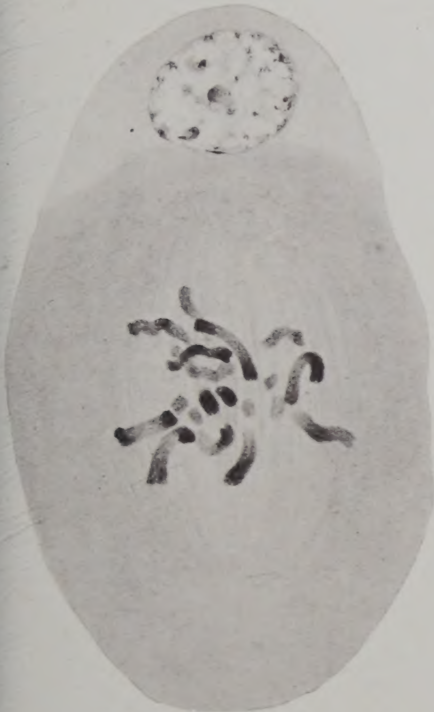


b.

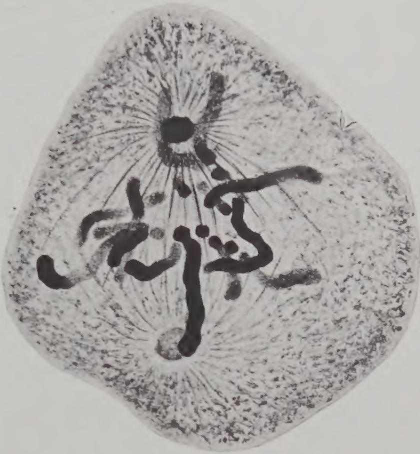
19.



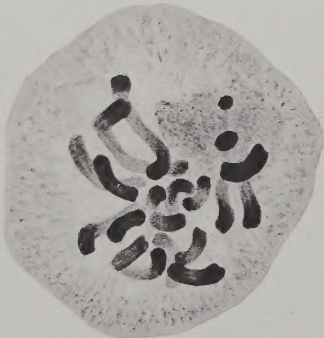
b.



21.



22.



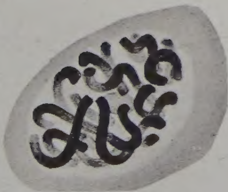
23.



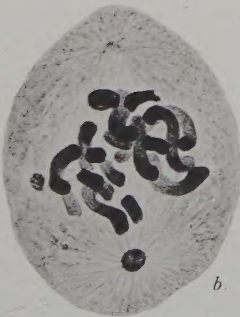
26.



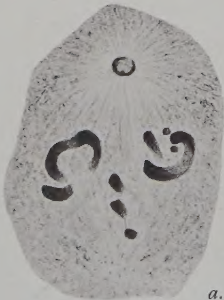
27.



25.



b.



a.

24.